

JULIANE MARIA FERNANDES BELLAVER

**EFEITOS POTENCIAIS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A
DISTRIBUIÇÃO DE BORBOLETAS NEOTROPICAIS E SUAS PLANTAS
HOSPEDEIRAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Biologia Animal.

Área de concentração: Biodiversidade

Orientadora: Prof. Dra. Helena Piccoli Romanowski

Coorientador: Dr. Matheus Souza Lima-Ribeiro

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PORTO ALEGRE**

2019

**FEITOS POTENCIAIS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A DISTRIBUIÇÃO
DE BORBOLETAS NEOTROPICAIS E SUAS PLANTAS HOSPEDEIRAS**

JULIANE MARIA FERNANDES BELLAYER

Aprovada em 12/12/2019

Profa. Dra. Viviane G. Ferro (UFRGS)

Prof. Dr. Ricardo Siewert (UFPR)

Prof. Dr. Roger Vila (Institut Biologia Evolutiva, Barcelona)



*Dedico este trabalho ao meu pai, Severino
Bellaver (in memoriam).*



“A Revolução Científica não foi uma revolução do conhecimento. Foi, acima de tudo, uma revolução da ignorância. A grande descoberta que deu início à Revolução Científica foi a descoberta de que os humanos não têm as respostas para suas perguntas mais importantes.”

Harari 2016

Resumo

As mudanças climáticas podem ser consideradas como uma das principais ameaças atualmente. Espécies com distribuição restrita possivelmente serão mais afetadas do que aquelas com ampla distribuição. Mudanças no clima podem potencialmente reduzir a extensão de ocorrência de herbívoros e também afetar a distribuição de suas plantas. Neste trabalho, investiguei os efeitos sinérgicos das alterações climáticas sobre a distribuição potencial de quatro espécies de borboletas neotropicais e de suas respectivas plantas hospedeiras. *Battus polystictus* e *Parides ascanius* contrastam tanto em extensão de ocorrência quanto em hábito alimentar. *Cyanophrys bertha* (E. Jones, 1912) e *Arcas ducalis* (Westwood, 1852) são consideradas endêmicas deste bioma. *C. bertha* é considerada “vulnerável” nos critérios da IUCN e no Livro Vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção, ambas as espécies constam na categoria LC (menos preocupante). Para tanto, obteve-se mapas de distribuição potencial das espécies, de mudança de área de extensão, direção e de interação com suas hospedeiras para estas espécies. Os mapas foram desenvolvidos em condições contrastantes de concentração de gases de efeito estufa (RCP 4.5 e RCP8.5). Também avaliou-se o desafio de colonização e o risco de extinção ao longo do tempo das espécies de borboletas e de suas hospedeiras. Adicionalmente, verificou-se a representatividade das espécies dentro das Unidades de Conservação com diferentes cenários climáticos e a possível mudança de status de conservação de *C. bertha* diante dos cenários climáticos. Acreditou-se que as borboletas generalistas sofreriam maior deslocamento do que redução de sua ocorrência e que teriam menos chance de tornar-se incompatível espacialmente com suas hospedeiras do que a espécie especialista. Espécie com extensão de ocorrência restrita seria mais prejudicada em relação à distribuição e interação com sua hospedeira ao longo do tempo. Espécies tenderiam a deslocar-se em direção ao sul. Supôs-se, também, que *C. bertha* mudaria seu status de conservação de LC (menos preocupante) para vulnerável. Observou-se deslocamento de distribuição das espécies direcionado ao sul nas previsões futuras, mais acentuado no cenário mais pessimista em relação ao intermediário. Todas as áreas de interação diminuíram quanto mais pessimista o cenário ($p < 0.0001$) quando comparadas individualmente e também, quando comparadas conjuntamente ($p < 0.0001$). Os resultados sugerem maior impacto das mudanças climáticas sobre a espécie de borboleta especialista do que a espécie generalista. Todavia, mesmo *B. polystictus* apresentando um maior número de plantas-hospederias que *P. ascanius* tem previsão de perda de cerca de 50% de sua extensão de ocorrência no cenário intermediário e 90% no mais pessimista. Os resultados confirmaram a hipótese e *C. bertha* terá uma redução de aproximadamente 85% de sua extensão no cenário mais severo (RCP8.5, 2070) e de 70% de interação com suas hospedeiras. *A. ducalis* terá uma redução aproximada de 60% e em torno de 50% de interação. Ambas espécies tenderão a migrar para sul, principalmente *A. ducalis*. Estes resultados reforçam a importância de incluir interações bióticas quando se pretende avaliar efeitos de fatores abióticos como os decorrentes das mudanças climáticas. medidas que favoreçam a conservação das espécies ao longo do tempo com os cenários climáticos precisam ser revistas e priorizadas, sobretudo por parte dos órgãos governamentais.

PALAVRAS-CHAVE: aquecimento global; mudanças climáticas; borboletas; modelagem de nicho; interação; planta hospedeira.

ABSTRACT

Climate change can be considered as one of the main threats. Species with restricted distribution are likely to be more affected than those with wide distribution. Climate change can potentially reduce the extent to which herbivores occur and also affect the distribution of their plants. In this paper, we investigate the synergistic effects of climate change on the potential distribution of four species of Neotropical butterflies and their respective host plants. *Battus polystictus* and *Parides ascanius* contrast both in extent of occurrence and in feeding habits. *Cyanophrys bertha* and *Arcas ducalis* have an endemic distribution in the Atlantic Forest biome. *C. bertha* is considered "vulnerable" in the IUCN criteria and in the Red Book of endangered Brazilian fauna; both species are listed in the LC category (of less concern). The objective of this study was to develop maps of the potential distribution of the species, change of area of extension, direction and interaction with their hosts. They were developed under contrasting conditions of greenhouse gas concentration (RCP 4.5 and RCP 8.5). The challenge of colonization and the risk of extinction over time of butterfly species and their hosts were also evaluated. Additionally, the representativeness of the species within the Units Conservations was verified along the future forecasts and the possible change in the conservation status of *C. bertha*, in the face of climate scenarios. It was believed that the generalist butterflies would suffer greater displacement than a reduction in their occurrence and that they would have less chance of becoming spatially incompatible with their hosts than the specialized species. It was also agreed that species would tend to move southwards. It was also assumed that *C. bertha* would change her conservation status from LC (of less concern) to a threat status. A shift in species distribution toward the south was observed in future predictions, which was more pronounced in the most pessimistic scenario in relation to the intermediate one. All areas of interaction decreased the more pessimistic the scenario ($p < 0.0001$) when compared individually and also when compared together ($p < 0.0001$). The results suggest a greater impact of climate change on the specialist butterfly species than on the generalist species. Even though *B. polystictus* presented a higher number of host plants, *P. ascanius* presented a loss of about 50% of its extension of occurrence in the intermediate scenario and 90% in the more pessimistic one. The results confirmed the hypothesis and *C. bertha* may change her conservation status to threatened in the future. It will also have a reduction of approximately 85% of its extension in the most severe scenario (RCP8.5, 2070) and of 80% of interaction with its hosts. *A. ducalis* will have a reduction of approximately 60% and around 50% of interaction. The species present a risk of extinction in areas further north. These results reinforce the importance of including biotic interactions when evaluating the effects of abiotic factors. Measures that favor species conservation over time with climate scenarios need to be reviewed and prioritized, particularly by government agencies.

KEY WORDS: global warming; climate change; butterflies; niche modeling; interaction; plant-hosting.